

SOLARENERGIE AUS DEM LÄNDLE

Analyse der Photovoltaik-Wertschöpfungskette
in Baden-Württemberg

Stand 30.10.2023

Herausgeber

Solar Cluster Baden-Württemberg e.V.
Meitnerstr. 1, 70563 Stuttgart
Mail: info@solarcluster-bw.de
www.solarcluster-bw.de

Erstellt vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesystem ISE im Auftrag des Solar Clusters Baden-Württemberg.

Autorinnen und Autoren:

Sebastian Kaiser
Dr. Sönke Rogalla
Dr. Simon Philipps
Dr. Sebastian Nold
Dr. Anna Heimsath
Dilara Subasi

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Status der Photovoltaik-Industrielandschaft in Baden-Württemberg	5
2.1. Aufschlüsselung der Industrien nach Komponenten	5
2.2. Analyse der räumlichen Verteilung in BW.....	6
2.3. Hersteller nach Komponenten	8
2.3.1. Photovoltaik-Produktionstechnik.....	8
2.3.2. Materialien für die Wafer-, Zell- und Modulproduktion	10
2.3.3. Unterkonstruktionen und Zubehör	11
2.3.4. Elektrotechnik und Elektronik	12
2.3.5. Sonstiges Zubehör	13
2.4. Nicht analysierte Firmen und Einrichtungen	14
3. Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit	15
3.1. Standort Baden-Württemberg.....	15
3.2. Möglichkeiten zur Verbesserung der Wettbewerbssituation.....	17
3.2.1. Empfohlene zusätzliche Förderprogramme und Regularien zur Erhöhung des PV-Ausbaus	17
3.2.2. Förderprogramme und Investitionen zur Unterstützung und Ansiedlung von industrieller PV-Produktion	18
3.2.3. Förderprogramme und Investitionen zur Unterstützung weiterer PV-Industriezweige	19
3.2.4. Ausbildung und Umschulung von Fachkräften massiv fördern	20
3.2.5. „Clean-Tech“-Studiengänge und -Arbeitsplätze aktiv fördern und bewerben ...	21
4. Geschäftspotenziale für Quer-Einsteiger in die PV-Industrie	22
4.1. Chancen und Kriterien für einen Branchenquereinstieg.....	22
4.2. Liste mit den größten Unternehmen in Baden-Württemberg.....	23
4.3. Erfolgreiche Beispiele für den Quereinstieg in die PV-Branche:	25
4.4. Naheliegende Beispiele für den Quereinstieg in die PV-Branche	25
4.5. Branchen mit Bezug zur Photovoltaik	26
5. Zusammenfassung und Empfehlungen	27
6. Literatur	28

1. Einleitung

Im Rahmen der notwendigen Transformation des Energiesystems hin zu Erneuerbaren Energien spielt die Photovoltaik-Industrie (PV-Industrie) eine maßgebende Rolle, da sich die Photovoltaik zur weltweit dominierenden Energieerzeugungstechnologie entwickeln wird. Die Internationale Energie Agentur (IEA) geht davon aus, dass die installierte Stromerzeugungskapazität durch Photovoltaik bis zum Jahr 2027 die Kapazität durch Kohle übertreffen wird [1]. In Deutschland sollen im Jahr 2030 80% des Strombedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden [2]. Photovoltaikanlagen sollen dabei mit einer installierten Leistung von über 215 GW eine entscheidende Rolle spielen [3]. Durch die starke, internationale, massiv durch staatliche Förderung unterstützte Konkurrenz steht die PV-Branche in Deutschland und Baden-Württemberg vor einer großen Herausforderung. Die steigende Abhängigkeit von ausländischen Zulieferern stellt Deutschland beim Ausbau der Erneuerbaren Energien zunehmend vor Probleme. Durch internationale Konflikte entstehen Lieferengpässe für kritische Maschinen, Baugruppen, Halbleiter sowie zugrundeliegende Rohstoffe, deren Markt teilweise von nur wenigen Ländern dominiert wird. Bei zugleich steigender Nachfrage sollte sich Europa unabhängiger machen und stärker auf lokale Technologielieferanten und Wertschöpfungsketten setzen. Baden-Württemberg, als starker Wirtschaftsstandort in Deutschland mit weltweit herausragender Dichte innovativer PV-Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, kann hier eine entscheidende Rolle spielen. Durch die Stärkung der lokalen Produktion und Zulieferindustrie können so langfristig die Resilienz erhöht und alternative Quellen erschlossen werden. Gegenstand dieser Kurzstudie ist die Analyse der Wettbewerbssituation der PV-Industrie in Baden-Württemberg. Betrachtet werden produzierende Unternehmen, die die Produktionskette von der Siliziumwafer-, Solarzellen- und PV-Modulproduktion bis hin zur Leistungselektronik und dem Netzanschluss bedienen. Dabei werden die wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen diskutiert. Die politischen Entscheidungen auf nationaler und regionaler Ebene sind ein entscheidender Hebel zur Stärkung der regionalen Industrie. Durch lokale Produktion und die Entwicklung einer robusten Zulieferindustrie kann die Verfügbarkeit von PV-Komponenten unabhängiger von internationalen Lieferanten werden. Damit wird die Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energien gestärkt.

In der zweigeteilten Studie werden zuerst die Standortfaktoren Baden-Württembergs betrachtet. Dazu werden die ansässigen Firmen und ihre Aktivitäten entlang der Wertschöpfungskette innerhalb der PV-Branche ermittelt. Zudem werden die geografische Verteilung der ermittelten Firmen über Baden-Württemberg analysiert und die Standortvorteile bestimmt. Im zweiten Teil der Studie wird die Wettbewerbssituation analysiert. Dazu werden Standortvorteile und Herausforderungen diskutiert. Basierend auf diesen Standortfaktoren werden Verbesserungsmaßnahmen für die Wettbewerbssituation der PV-Industrie in Baden-Württemberg vorgeschlagen. Ein großes Potenzial für Baden-Württemberg bilden Quereinsteiger in die PV-Branche. Neben der großen PV-Industrie haben auch zahlreiche weitere Branchen auf den Standort gesetzt. Unter bestimmten Voraussetzungen können diese Firmen zeitnah in die PV-Branche einsteigen und damit die lokale Produktionskette stärken und Arbeitsplätze schaffen.

2. Status der Photovoltaik-Industrielandchaft in Baden-Württemberg

Baden-Württemberg (BW) ist als attraktiver Wirtschaftsstandort auch in der PV-Branche bekannt. Zahlreiche mittelständische und große Unternehmen produzieren verschiedenste Komponenten der gesamten Wertschöpfungskette der PV-Industrie. In Abbildung 1 ist die Wertschöpfungskette dargestellt, von der Solarzelle bis hin zum Netzanschluss. Entsprechend dem Gegenstand der Studie beschränkt sich die Abbildung auf die Hauptkomponenten von PV-Anlagen. Vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsketten werden nicht berücksichtigt.

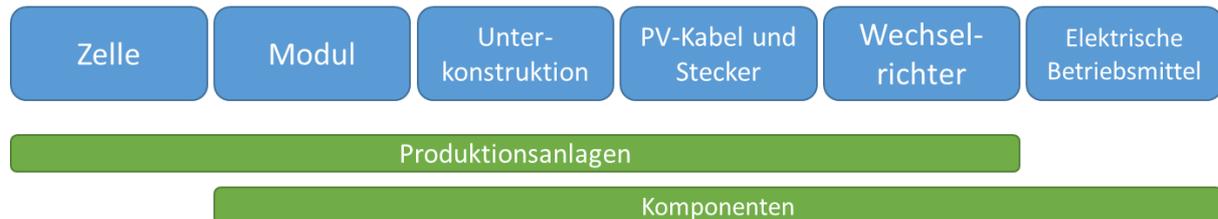


Abbildung 1: Komponenten eines PV-Kraftwerkes

Zur Ermittlung der in BW ansässigen Firmen dienten verschiedene Quellen, wie Mitgliederlisten von Branchenverbänden, Ausstellerlisten von Fachmessen, Kunden- und Partnerdatenbanken des Fraunhofer ISE sowie eine Internetrecherche. In den zwei folgenden Abschnitten wird die Liste detailliert nach Komponenten und geografisch aufgeschlüsselt. Insgesamt sind 115 Firmen aktiv an der Produktion von einer oder mehreren Komponenten der PV-Wertschöpfungskette in Baden-Württemberg beteiligt.

2.1. Aufschlüsselung der Industrien nach Komponenten

In Abbildung 2 ist die Aufschlüsselung der Firmen nach den produzierten Komponenten dargestellt. In der Kategorie *Sonstiges* werden alle weiteren Komponenten zusammengefasst, die nur einen sehr geringen Anteil ausmachen. Dazu gehören zum Beispiel: PV-Stecker, Spezialschrauben, Messtechnik und Sensorik, Monitoring-Systeme, elektrische Bauteile für Leistungselektronik und Induktivitäten für Transformatoren. Am stärksten vertreten sind die Hersteller für Produktionsanlagen von Solarzellen und PV-Modulen sowie Upstream-Komponenten. Der Fokus auf Upstream-Komponenten ist wichtig, da Qualität und Effizienz dieser Bestandteile direkte Auswirkungen auf die Leistung und Haltbarkeit der PV-Produkte haben können. Eine starke und wettbewerbsfähige Upstream-Industrie ist daher entscheidend für die Entwicklung und Produktion effizienter und kostengünstiger Photovoltaiktechnologien. Im Allgemeinen ist ein großer Bestandteil der Produktionskette in Baden-Württemberg ansässig.

Aufschlüsselung nach Komponenten

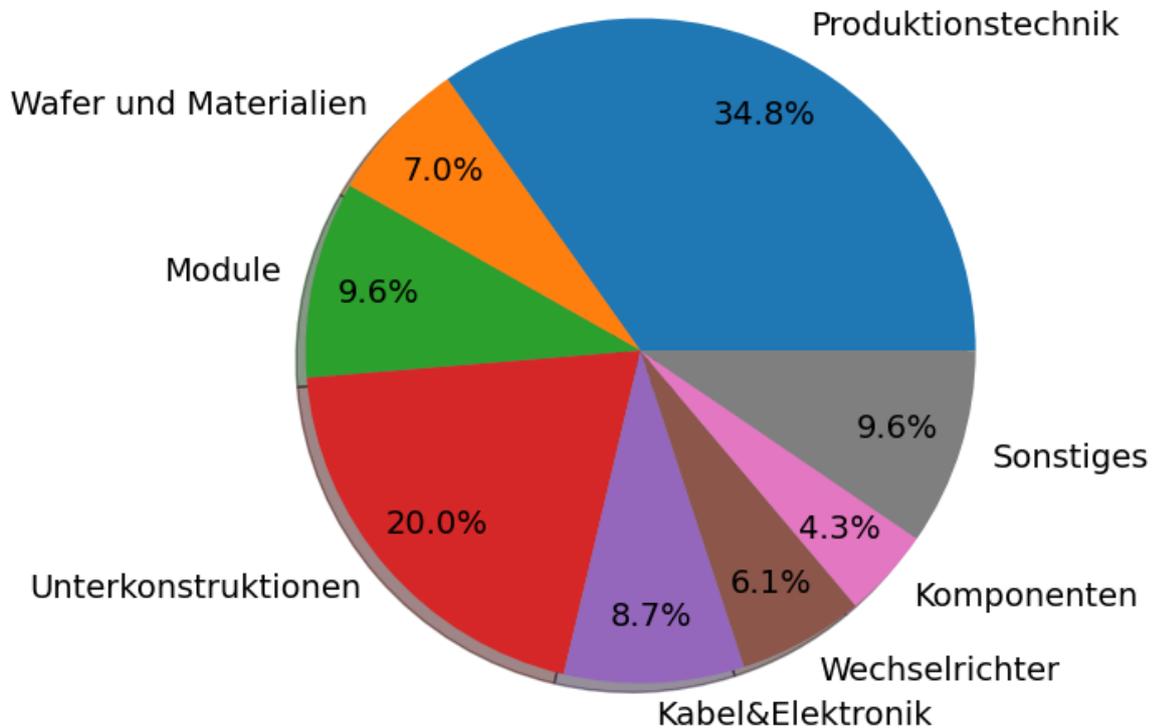


Abbildung 2: Grafische Darstellung der Verteilung der einzelnen Komponenten. Prozentuale Verteilung der Firmenanzahl auf Basis aller ermittelten Firmen. Firmen die in mehrere Kategorien produzieren werden nur einmal gezählt.

2.2. Analyse der räumlichen Verteilung in BW

Die ermittelten Firmen verteilen sich über ganz Baden-Württemberg. Die größten Konzentrationen befinden sich in den Ballungszentren Stuttgart, Freiburg und Heilbronn. Eine grafische Darstellung der geografischen Verteilung ist in Abbildung 3 gegeben. Die gute Verkehrsanbindungen zu den angrenzenden Bundesländern (Bayern, Hessen und Rheinland-Pfalz) sowie den Nachbarländern (Frankreich und Schweiz) über Autobahnen und Schienenverkehr sorgt für eine Verteilung der Industrie über ganz Baden-Württemberg.

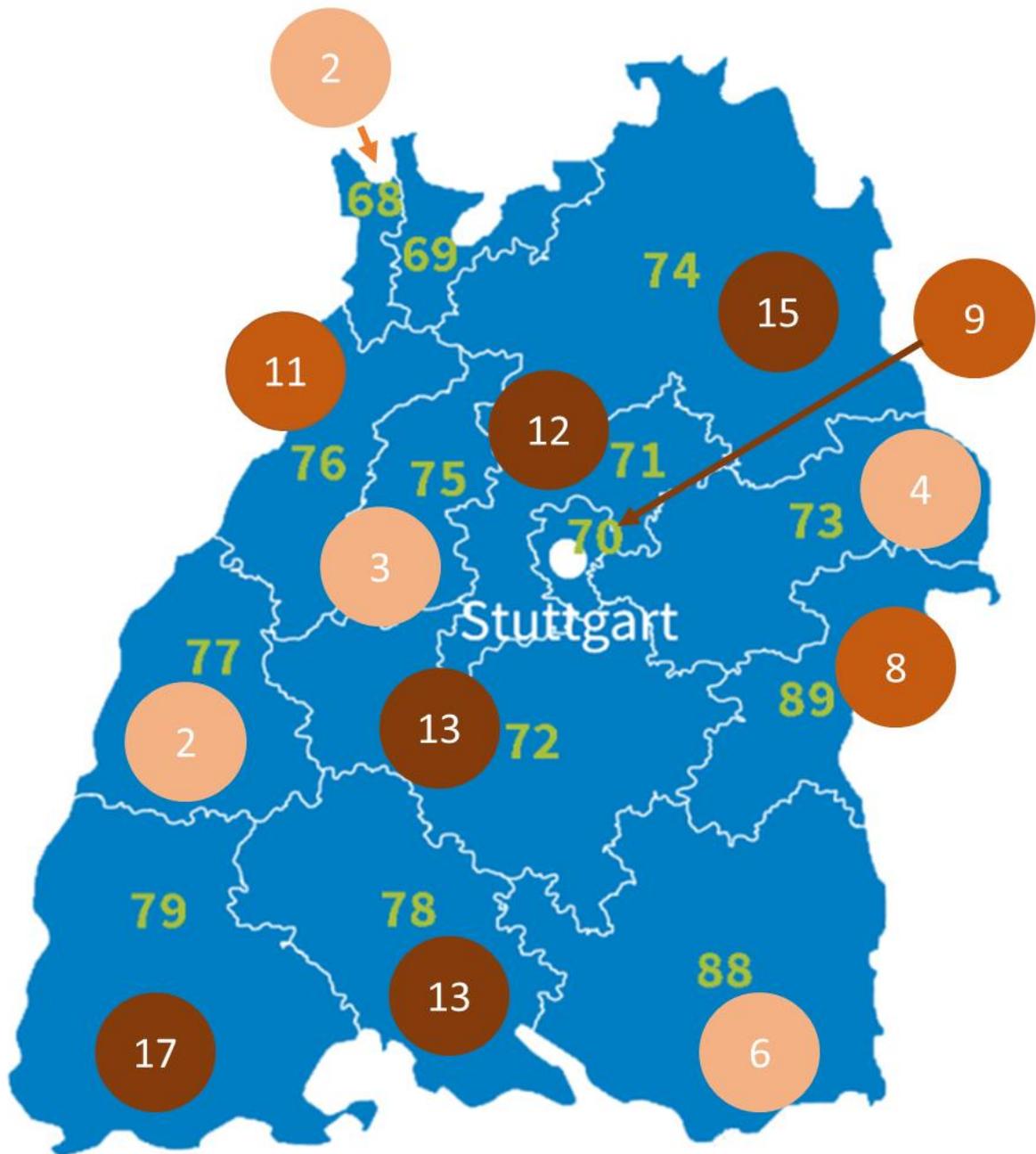


Abbildung 3: Geografische Verteilung der Industrie nach Postleitzahl. Anzahl der ansässigen Firmen (in Kreisen) und Postleitzahl (grün). Kartenquelle: <https://www.postleitzahlen.de/plz/baden-wuerttemberg>

2.3. Hersteller nach Komponenten

Im Folgenden sind die ermittelten Produzenten nach den jeweiligen Komponenten sortiert aufgelistet. Dabei sind die Komponenten in die Gruppen *Photovoltaik-Produktionstechnik*, *Materialien für die Wafer-, Zell- und Modulproduktion*, *Unterkonstruktionen und Zubehör*, *Elektrotechnik und Elektronik* sowie *Sonstiges Zubehör* geclustert.

2.3.1. Photovoltaik-Produktionstechnik

Firma	Standort	Produktionstechnik
ACI Systems GmbH	Zimmern ob Rottweil	Produktionsanlagen Dünnschicht-Photovoltaik
acp systems AG	Ditzingen	Reinigungstechnik für Elektronikkomponenten
Aero-Lift	Geislingen- Binsdorf	Vakuumtechnik Modulheber
Alraun Maschinenbau GmbH	Staig-Steinberg	Siebdruckmaschinen, Fördertechnik
ASYS Group	Dornstadt	Siebdruckmaschinen, Automatisierung
CAT Group	Stuttgart	Reinraumtechnik
centrotherm International AG	Blaubeuren	PECVD, Diffusion, Oxidation, Annealing
centrotherm clean solutions GmbH	Blaubeuren	Abgasbehandlung
EKRA	Bönnigheim	Siebdruckmaschinen
Exyte GmbH	Stuttgart	Gebäudetechnik- und Anlagenbau
Festo GmbH & Co. KG	Esslingen	Industrieautomation
HighLine Technology GmbH	Freiburg	Dispense-Druckköpfe / - Anlagen
HK-Präzisionstechnik GmbH	Oberndorf	Diamantdrahtsägen
J. Schmalz GmbH	Glatten	Produktionsanlagen
JB Instruments GmbH	Pfaffenweiler	Integrationsmodule für Druckköpfe

M10 Solar Equipment GmbH	Freiburg	Modulverschaltung und Automatisierung
Manz AG	Reutlingen	Laser, Automatisierung
Montratec GmbH	Niedereschach	Automatisierung
Notions Systems	Schwetzingen	Inkjet-Druckanlagen
Phyrtonics GmbH	Karlsruhe	Antireflex-Beschichtung
PV2plus	Freiburg	Prozesstechnologie
Precitec GmbH & Co. KG	Gaggenau-Bad Rotenfels	Messtechnik und Laserbearbeitung
Rehm Thermal Systems GmbH	Blaubeuren-Seißen	Thermische PV-Produktionsanlagen
RCT Solutions	Konstanz	Produktionsplanung
RENA Technology GmbH	Furtwangen	Nasschemische Oberflächenbehandlung
Robert Bürkle GmbH	Freudenstadt	Laminatoren
Plasma Electronic GmbH	Neuenburg	ALD-, PECVD-Anlagen
Polytec GmbH	Waldbronn	Messtechnik
pv-tools GmbH	Waldburg	Messtechnik
Schmid Group	Freudenstadt	Nasschemische Oberflächenbehandlung, APCVD, Automatisierung
SensoPart Industriesensorik GmbH	Wieden	Sensorik
SICK AG	Waldkirch	Sensorik
Siemens AG	Karlsruhe	Automatisierung & Digitalisierung, Control-Systeme für Hybridkraftwerke und Tracker
soniKKs® Ultrasonics Technology GmbH	Dobel	Löttechnik

SUSS MicroTec Solutions GmbH & Co. KG	Sternenfels	Anlagenbau Lithografie, Inkjet
teamtechnik Maschinen und Anlagen GmbH	Freiberg am Neckar	Modulverschaltung
THIEME GmbH & Co. KG	Teningen	Siebdruckmaschinen
TRUMPF	Ditzingen	Laser
well Diamantdrahtsägen GmbH	Mannheim	Diamantdrahtsägen
ZwickRoell GmbH & Co. KG	Ulm	Messtechnik, Prüfmaschinen

2.3.2. Materialien für die Wafer-, Zell- und Modulproduktion

Firma	Standort	Komponente
Amphenol Tuchel Industrial GmbH	Heilbronn	Modulkomponenten
Arnold Zentralverwaltungsgesellschaft mbH	Remshalden	Glasveredlung
ATG GmbH & Co. KG	Mössingen	Modul
AxSun Solar GmbH & Co.	Laupheim	Modul
Azur Space Solar Power GmbH	Heilbronn	Wafer, Solarzellen, Dioden
Berbertec GmbH & Co. KG	Leingarten	Material
Breyer	Singen	POE Einkapselungen
CHT Group	Tübingen	Material
EnPV	Karlsruhe	Zellen und Module
Joh. Sprinz GmbH & Co. KG	Grünkraut	Glasveredlung, SpriColor-PV
Krempel GmbH	Vaihingen/Enz	Modulkomponente
Kocher + Beck	Pliezhausen	Material (Siebdruckformen)
Luxor Solar GmbH	Stuttgart	Module
MicroChemicals GmbH	Ulm	Chemikalien
NexWafe GmbH	Freiburg	Wafer

Polytec PT GmbH Polymere Technologien	Karlsbad	Material
Solvay Fluor GmbH	Bad Wimpfen	Material (Flusssäure, Fluor-Produkte u.a. zur Solarzellenherstellung)
STG GmbH & Co. KG	Mössingen	Module
temicon GmbH	Freiburg	Material (Druckformen)
TRIMAX Solar GmbH	Stuttgart	Module

2.3.3. Unterkonstruktionen und Zubehör

Firma	Standort	Komponente
Angele GmbH	Ochsenhausen	Montagesystem Dach
Arau Technik GmbH	Schorndorf	Unterkonstruktion Freiland
Bosch Rexroth	Stuttgart	Montagetechnik
ClickCon GmbH & Co.KG	Freiburg	Montagesystem Aufdach, Parkplatz
Contec Deutschland GmbH	Karlsruhe	Montagesystem Gründach
CWF GmbH	Niedernhall	Unterkonstruktion Freiland
Deger Energie	Ofterdingen	Unterkonstruktion Tracker
Frenell GmbH	Karlsruhe	Unterkonstruktion Tracker
Galaxy Energy GmbH	Berghülen	Montagesystem Aufdach
J&W Energie GmbH	Ettlingen	Montagesystem Aufdach
K2 Systems GmbH	Renningen	Montagesystem Aufdach, digitale Lösungen
MKG Göbel	Öhringen	Unterkonstruktionen
Novotegra GmbH	Tübingen	Montagesystem Aufdach
Optigrün international AG	Göggingen	Unterkonstruktion, Dachbegrünung

Park-Solar	Stuttgart	Konstruktionen PV-Parkplätze
RoofTech GmbH	Weil der Stadt	Unterkonstruktion, Aufdach
SBP Sonne	Stuttgart	Konstruktionen PV-Parkplätze / Floating-PV / Agri-PV
Solar-Hook GmbH	Freiburg	Unterkonstruktion
Schletter GmbH	Kirchdorf an der Iller	Montagematerialien und Unterkonstruktion
Würth GmbH&CoKG	Künzelsau-Gaisbach	Zubehör Montage
Zimmermann PV-Stahlbau GmbH&Co	Oberessendorf	Unterkonstruktion, Tracker
ZinCo GmbH	Nuertingen	Unterkonstruktion Gründach
Zuweso GmbH	Stuttgart	Konstruktionen PV-Parkplätze

2.3.4. Elektrotechnik und Elektronik

In dieser Gruppe sind Bauteilhersteller, Kabelproduzenten, Hersteller von Wechselrichtern und Speichersystemen sowie Produzenten von weiteren elektrische Baugruppen zusammengefasst.

Firma	Standort	Komponente
Axitec Energy GmbH & Co. KG	Böblingen	Module, Batterien
BRC Solar GmbH	Ettlingen	Elektronik
Cembre GmbH	Weinstadt	Kabel und Elektronik
Delta Electronics (Netherlands) B.V.	Teningen	Wechselrichter
Engeser GmbH	Schramberg	PV-Kabel, Vergusstechnik
Enphase Energy GmbH	Freiburg	Wechselrichter, Elektronik, Batterien
Ensto	Karlsruhe	Kabel und Elektronik

Fosera	Ulm	Off-Grid PV-Systemlösungen
Helukabel GmbH	Hemmingen	Kabel und Verbinder
Kabeltec GmbH	Oberndorf a. N.	Kabel und Datenleitungen
KACO new energy GmbH	Heilbronn	Wechselrichter
KOSTAL Solar Electric GmbH	Freiburg	Wechselrichter
MERZ Schaltgeräte GMBH + CO KG	Gaildorf	Kabel und Elektronik
RCT Power	Konstanz	Wechselrichter, Batterien
Santon GmbH	Neckartailfingen	Kabel und Elektronik
Scherer Kabel GmbH	Walzbachtal-Wössingen	Kabel
SolarInvert	Ludwigsburg	Wechselrichter
STS-Induktivitäten	Stockach	Transformatoren, Drosseln
TRUMPF Hüttinger	Freiburg	Wechselrichter
U.I. Lapp GmbH	Stuttgart	Kabel und Elektronik
XBK-Kabel Xaver Bechtold GmbH	Rottweil	Kabel
ZIEHL industrie-elektronik GmbH + Co KG	Schwäbisch Hall	Sensoren, Relais

Darüber hinaus existieren Zulieferer leistungselektronischer Baugruppen, wie z.B. GVA Leistungselektronik GmbH (Mannheim) oder MSB Elektronik und Gerätebau GmbH (Crailsheim), die in der Lage sind, für Leistungselektronikanbieter anwendungsspezifische Baugruppen herzustellen. Des Weiteren werden für die Netzeinspeisung von Solarstrom aus großen PV-Anlagen im großen Stil Transformatoren benötigt. Auch hier existieren in Baden-Württemberg ansässige Hersteller, wie z.B. die J. Schneider Elektrotechnik GmbH (Offenburg) oder die Ismet GmbH (Villingen-Schwenningen).

2.3.5. Sonstiges Zubehör

PV-Zubehör umfasst beispielsweise Messtechnik und Sensoren, die zur Überwachung und Erfassung von Leistungsdaten, Temperatur, Sonneneinstrahlung und anderen Parametern in PV-Anlagen eingesetzt werden. Auch Schrauben und andere Befestigungselemente, die zur Installation von Solarmodulen und Montagesystemen verwendet werden, fallen in diese Kategorie. Darüber hinaus gehören Messgeräte zur elektrischen Prüfung, Inspektion und Fehlerdiagnose von PV-Komponenten ebenfalls zum PV-Zubehör. PV-Zubehör spielt eine wichtige Rolle bei der Installation, Überwachung, Wartung und Optimierung von PV-Anlagen.

Es unterstützt die korrekte Funktion und Effizienz der Anlage und trägt zur Sicherheit, Genauigkeit und Zuverlässigkeit des PV-Systems bei.

Firma	Standort	Komponente
Adamczewski GmbH	Zaberfeld	Messtechnik, Leistungsmessung
Chauvin Arnoux GmbH	Kehl	Messtechnik, PV-Analysatoren
Fluke Deutschland GmbH	Glottertal	Messtechnik, PV-Analysatoren
HECO-Schrauben GmbH & Co. KG	Schramberg	Schrauben
Intech GmbH & Co. KG	Kehl	Floating PV Schwimmkörper
iPlon	Wolpertshausen	Messtechnik, EMS
IMS Verbindungstechnik GmbH&Co. KG	Neuenstein	Verbindungstechnik
Jacob GmbH Elektrotechnische Fabrik	Kernen	Kabeldurchführungen
Keysight Technologies Deutschland GmbH	Böblingen	Messtechnik, Multimeter, AC-Analysatoren
Schäfer + Peters GmbH	Öhringen	Schrauben und Bolzen für Modulmontage
Sikla GmbH	V.-Schwenningen	Verbindungstechnik

2.4. Nicht analysierte Firmen und Einrichtungen

Über die oben genannten Firmen hinaus existieren in Baden-Württemberg weitere Firmen und Institutionen im Kontext Photovoltaik, die in dieser Studie nicht analysiert wurden. In der folgenden Auflistung wird eine Übersicht über die indirekten Teilnehmenden der Wertschöpfungskette gegeben.

- Batteriesystem- und Speicherhersteller
- Solargesteuertes Laden von Elektrofahrzeugen und Landmaschinen
- PV-Parkplaner, Installateur Firmen und Konstrukteure
- Ingenieurbüros in den Bereichen Planung, Entwicklung, Monitoring und Analysen

- Zulieferer für Tracker (Getriebe, Dämpfer)
- Zulieferer speziell für Agri-PV und schwimmende PV (z.B. Folien, Netze, Pontons)
- Recyclingfirmen

3. Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit

Zur Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit der Industrien in Baden-Württemberg werden zuerst standortbedingte Vor- und Nachteile aufgelistet. Diese Liste stellt eine allgemeine Übersicht dar und gilt daher nicht notwendigerweise für jeden Teil der Wertschöpfungskette. Aufbauend auf den Vor- und Nachteilen werden die politischen Möglichkeiten zur Verbesserung des Wettbewerbs diskutiert und die allgemeine Situation beschrieben.

3.1. Standort Baden-Württemberg

Die Dichte und Expertise in Baden-Württemberg ansässiger Produktionsanlagenhersteller und Forschungseinrichtungen ist weltweit herausragend. **Der Aufbau von Produktionsstätten für Solarzellen sowie für PV-Module wäre fast vollständig mit in Baden-Württemberg ansässigen Herstellern und Forschungseinrichtungen möglich.** Die Dichte an Zulieferern für die Produktion von Solarzellen und PV-Modulen ist außerhalb Chinas weltweit einmalig. Fast die Hälfte aller Arbeitsplätze der deutschen PV-Zulieferindustrie sitzt in Baden-Württemberg [4].

Tabelle 1: Vorteile und Herausforderungen des Standorts Baden-Württemberg [5–7]

Standortvorteile	Herausforderungen
Spezialisierung, Qualität und Technologievorsprung	Marktprognose schwierig, da der PV-Markt immer noch stark von politischen und regulatorischen Entscheidungen abhängt
Know-how im Maschinen- und Anlagenbau	Hohe und tendenziell weiter steigende Energiekosten
Ökosystem für Forschung und Entwicklung	Fachkräftemangel
Zahlungsbereitschaft für „Made in Europe“ (insb. Heim- und Gewerbe-Bereich)	Mangel an freien Industrieflächen
Zunehmender Bedarf an PV-Produkten für den Gewerbe- und Industriebereich (KMUs)	Fehlende Investitionssicherheit (insb. im internationalen Wettbewerb)
Hoher Eigenbedarf an PV-Ausbau in BaWü	Fehlendes Eigenkapital
Recyclingsektor bereits gut ausgebaut	Abhängigkeiten von Monopolmärkten für einzelne Komponenten der Wertschöpfungskette

Gute Lage im Zentrum des europäischen Wirtschaftsraums	Abhängigkeit von Rohstoffimporten
Ausgeprägte Lösungskompetenz in systemischen Fragestellungen in Bereich PV und PV-Integration	

Bestehende Förderprogramme und Regularien zur Erhöhung des PV-Ausbaus

Das Land Baden-Württemberg hat zuletzt wichtige Maßnahmen zum Ausbau der PV auf den Weg gebracht. Dazu gehören Maßnahmen im Rahmen des Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetzes BW. Hier sind 0.2% der Flächen für Photovoltaik auszuweisen, die Regionalpläne sollen bis 2025 geändert werden [8]. Weiter wurde die Photovoltaikpflicht für neu gebaute Parkplätze mit mindestens 35 Stellplätzen, für den Neubau von Wohngebäuden, für Nichtwohngebäude und bei grundlegender Dachsanierung beschlossen. Erweitert wurde die Photovoltaikpflicht auf Liegenschaften des Landes. Dies betrifft ab 2030 Gebäude im Eigentum des Landes, Parkplätze und Ladeinfrastrukturen im Eigentum des Landes, Photovoltaik an Verkehrswegen in Baulast des Landes sowie entlang der Schieneninfrastruktur.

Förderprogramme des Umweltministeriums Baden-Württemberg existieren zum Beispiel für die Parkplatzüberdachung mit Photovoltaik, für Bestandparkplätze und für regionale Photovoltaik-Netzwerke.

Bestehende Forschungslandschaft und Ausbildungsmöglichkeiten

Neben der produzierenden Industrie spielt auch die Forschung und Entwicklung (F&E) sowie die Ausbildung von Fachpersonal eine entscheidende Rolle der Wertschöpfungskette. Neben großen technischen Universitäten wie beispielhaft in Freiburg, Karlsruhe, Konstanz oder Stuttgart, tragen auch weitere Einrichtungen zum Erfolg der PV-Branche bei. Zu nennen sind hier die Fraunhofer-Institute, die Einrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft, das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW), das International Solar Energy Research Center Konstanz (ISC Konstanz) und die dualen Hochschulen Baden-Württemberg.

Durch gemeinsame Forschungsprojekte, Kooperationen und Dienstleistungen unterstützen diese Einrichtungen die Industrie bei der Entwicklung neuer Technologien, dem Aufbau von Produktionslinien und der Etablierung von neuen Produkten. Durch die Betreuung von studentischen Abschlussarbeiten oder Promotionen wird die industriennahe Ausbildung von Fachkräften unterstützt.

3.2. Möglichkeiten zur Verbesserung der Wettbewerbssituation

Die Politik verfügt über zahlreiche Möglichkeiten die PV-Industrie zu unterstützen und den Ausbau zu fördern. Dazu zählen, nicht ausschließlich, die folgenden Aspekte:

3.2.1. Empfohlene zusätzliche Förderprogramme und Regularien zur Erhöhung des PV-Ausbaus

Um das Ziel der Bundesregierung, im Jahr 2023 80 % des Stromverbrauchs aus Erneuerbaren Energien zu decken und dafür über 215 GW PV-Leistung zu installieren, müssen auch in Baden-Württemberg Maßnahmen für eine Steigerung der Zubauraten getroffen werden. Für Baden-Württemberg fordert das Solar Cluster Baden-Württemberg einen Zubau von 4.000 MW pro Jahr, was etwa dem Doppelten des Zubaus in 2023 und dem Vierfachen des bisherigen Rekordjahres 2010 entspricht [4, 9]. Dies kann nur durch einen massiven Ausbau an Freiflächen- und Dachanlagen erreicht werden. Folgende Maßnahmen werden daher empfohlen, um den Ausbau an PV zu erhöhen:

- Der Ausbau von Netzanschlüssen und die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren durch „massentaugliche“ Verfahren, Standardisierung und Digitalisierung sind wichtige Handlungsfelder, wie auch in der PV-Strategie der Bundesregierung beschrieben [10].
- Neben den geforderten Dachanlagen auf Neubauten gemäß Photovoltaik-Pflicht-Verordnung [10], sollte die Nutzung von PV-Anlagen auf bestehenden Industriedachflächen und Fassaden angereizt werden. Der Energieatlas Baden-Württemberg beziffert das Dachflächenpotenzial insgesamt auf 61.500 MW [11].
- Die Gemeinden sollten beim Ausweisen von neuen Industrieflächen den Bau von nahegelegenen Freiflächenanlagen in der Planung berücksichtigen. Dies hilft nicht nur Klimaziele zu erreichen, sondern versorgt zudem die Industriebetriebe mit günstigem Strom.
- Die Etablierung von regionalen Plattformen für Industrie- Gewerbe- und Dienstleistungsunternehmen, die solaren Eigenverbrauch und Energieeffizienz umsetzen und optimieren, z.B. in Zusammenarbeit mit Industrieverbänden.
- Die Entwicklung von Planungskonzepten für besonders geeignete Standorte für Flächenanlagen. Der Solaratlas Baden-Württemberg beziffert ein Flächenpotenzial von 690.000 ha für Freiflächenanlagen [11].
- Eine Chance für den Ausbau von Flächenanlagen bei erhöhter Akzeptanz bietet die Stärkung von besonderen Solaranlagen wie schwimmende PV-Anlagen oder Agri-PV-Anlagen sowie Biodiversitäts-PV-Anlagen auf temporär aus der Bewirtschaftung genommenen landwirtschaftlichen Flächen [10]. So kann die Wiedervernässung von derzeit landwirtschaftlich genutzten Moorböden und die Nutzung der Flächen über PV-Anlagen eine Einkommensalternative für die Landwirtschaft darstellen, zugleich große Mengen CO₂ speichern und die Artenvielfalt fördern. Insbesondere sollten also Anlagen mit synergetischem Nutzen vom Land gefördert werden. Ein Potenzial von etwa 1070 MW besteht zum Beispiel für Floating-PV-Anlagen auf künstlichen Gewässern zur Kiesaushebung [12]. Hier kann der Strom direkt der energieintensiven

Industrie zugutekommen. Neben der Parkplatzüberdachung bietet die verkehrstintegrierte PV zusätzliche Flächen, wie z.B. durch PV-Integration in Lärmschutzwände, Fahrbahnüberdachung oder in Randflächen im Straßen- und Schienenverkehr. Förderprogramme könnten hier ausgeweitet werden.

3.2.2. Förderprogramme und Investitionen zur Unterstützung und Ansiedlung von industrieller PV-Produktion

Die Wirtschaftspolitik des Landes sollte zum Ziel haben, eine industrielle PV-Produktion im großen Maßstab (wieder) anzusiedeln. Baden-Württemberg wird den Aufbau einer industriellen PV-Produktion nicht im Alleingang bewerkstelligen können. Vielmehr ist ein abgestimmtes Zusammenwirken von Maßnahmen auf EU-, Bund- und Landesebene entscheidend. So versucht die EU im Rahmen des European Green Deal Industrial Plan erleichterte Bedingungen für die Wiederansiedlung von industrieller PV-Produktion zu schaffen. Auch auf Bundesebene laufen intensive Aktivitäten, unter anderem im Zuge eines Interessenbekundungsverfahrens für Leuchtturmprojekte der Solarindustrie des BMWK. Die Politik hat somit erkannt, dass der Wiederaufbau einer industriellen PV-Produktion in Deutschland geeignete Rahmenbedingungen und Fördermaßnahmen benötigt. Diese können entweder zum Ziel haben, den Wert bzw. den Erlös lokal-produzierter PV-Module zu steigern oder die Kosten zu senken. Im Folgenden werden einige Ansatzpunkte für entsprechende Maßnahmen aufgezeigt. Für eine Umsetzung auf Landesebene muss selbstverständlich unter anderem die Vereinbarkeit mit EU- und Bundesrecht geprüft werden. Eine solche Prüfung geht über den Rahmen dieser Studie hinaus.

„Made in BW“ bzw. „lokal produziert“ fördern

Eine Möglichkeit die lokale Produktion von PV-Komponenten zu fördern, wäre die Vorgabe eines Mindestanteils der Wertschöpfung an lokal und nachhaltig gefertigten Komponenten bzw. ein Vorrang von lokal produzierten Komponenten für PV-Installationen auf öffentlichen Gebäuden und Infrastruktur sowie in Landesbesitz befindlicher Flächen.

Verpflichtende Nachhaltigkeitsstandards für PV-Module etablieren

Ein indirekter Ansatz kann auch die Verpflichtung zur Einhaltung von Produktions- und Nachhaltigkeitsstandards (wie CO₂-Fußabdruck) sein, welche jedoch auch von den führenden internationalen Wettbewerbern aktiv verfolgt werden. Hier gilt es darauf zu achten, dass international agierende Unternehmen, z.B. mit der Produktion in Ländern mit erheblich schlechterem CO₂-Fußabdruck des Strommixes als Deutschland (wie z.B. China), keine Möglichkeit des „Greenwashing“ eröffnet wird, indem Unternehmen sich durch eine bilanzielle Nutzung von nachhaltigem Strom mit geringem CO₂-Fußabdruck freikaufen können – z.B. über die Nutzung virtueller Power Purchase Agreements (PPA) [13]. Die Nutzung virtueller PPAs bietet beispielsweise chinesischen Firmen die Möglichkeit, in China nachhaltig erzeugten Strom mit geringer CO₂-Bilanz auf PV-Produkte für den Export nach Europa und Baden-Württemberg zu allokalieren. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, dass aus China importierte PV-Produkte als nachhaltiger bewertet werden als in Europa produzierte. Für den Einsatz von Nachhaltigkeitsstandards ist die Empfehlung, Methodiken verpflichtend zu verwenden, welche

diese Möglichkeit des „Greenwashings“ ausschließen, wie z.B. die “EPEAT Ecolabel” Methodik für PV-Module und Wechselrichter des “Global Electronics Councils™”, welche unter anderem von der “Ultra Low Carbon Solar Alliance” empfohlen wird [14, 15].

Bereitstellung und Umnutzung von Produktionsstandorten fördern

Eine Unterstützung für eine kostengünstige Bereitstellung von Produktionsstandorten, insbesondere der Umnutzung ehemaliger Produktionsstätten würde sowohl eine Verringerung der Errichtungskosten ermöglichen als auch Genehmigungsprozesse beschleunigen.

Unterstützung bei der Bereitstellung von günstigem und nachhaltigem Industriestrom

Die Kosten für den Strombezug sind neben Investitionskapital und Personalkosten eine relevante Kostenkomponente in der PV-Produktion. Rahmenbedingungen für einen vergünstigten Strombezug wären eine Maßnahme zur Erhöhung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit. Das Land sollte prüfen, welche Möglichkeiten bestehen, die PV-Eigenstromerzeugung von Industrieunternehmen zu incentivieren. Zudem sollte analysiert werden inwiefern das Land als attraktiver Direktvermarkter von Überschussstrommenge aus industrieeigenen PV-Anlagen auftreten kann.

Der Bezug von Strom aus nahegelegenen PV- und Wind-Kraftwerken durch Industrieunternehmen sollte über direkte Abnahmeverträge ohne Steuer- und Netzentgeltbelastung möglich sein.

Unterstützung bei der Bereitstellung von günstigem Investitionskapital

Um den Nachteil des fehlenden Eigenkapitals zu reduzieren, sollte die Regierung den Zugang zu Kapital für Firmen erleichtern, die in die PV-Branche investieren wollen. Auch Förderprogramme für Forschung, Entwicklung und die Etablierung von PV-Produkten unterstützen die lokale Industrie beim Einstieg in die PV-Industrie.

3.2.3. Förderprogramme und Investitionen zur Unterstützung weiterer PV-Industriezweige

Oftmals werden in Diskussionen über die (Wieder-)Ansiedlung der PV-Industrie Bereiche vernachlässigt, die über die Produktion von PV-Zellen und -Modulen hinausgehen. Dazu gehören beispielsweise Unterkonstruktionen, Leistungselektronik, Monitoring- und Steuerungssysteme und weitere. Dabei bergen diese Bereiche ein mindestens ebenso großes Potenzial zur Wertschöpfung wie die Zell- und Modulproduktion.

Ein Beispiel hierfür ist der Bereich der PV-Wechselrichter, der ähnlich wie die Zell- und Modulproduktion im letzten Jahrzehnt von einem hohen Preisdruck seitens asiatischer Hersteller betroffen ist. Es besteht – wie zuvor bei Zellen und Modulen – die Gefahr einer nahezu vollständigen Abwanderung der Wechselrichter-Industrie. Dies ist nicht nur aus industriepolitischer Sicht negativ zu bewerten, sondern birgt auch enorme Risiken für die Energiesouveränität des Landes. Denn die Zuverlässigkeit der Wechselrichterregelung ist entscheidend für die Systemstabilität der Stromnetze, weshalb eine reine Abhängigkeit von

ausländischen Produkten unbedingt vermieden werden sollte. Daher wäre es ratsam, dass Baden-Württemberg auch diese Industriezweige gezielt fördert und erhält.

Darüber hinaus bietet Baden-Württemberg besondere Chancen im Bereich komplexer Systemlösungen, die im Rahmen der Sektorenkopplung verstärkt nachgefragt werden. Unternehmen aus Gewerbe, Handel und Dienstleistungen in BW, Deutschland, Europa und weltweit benötigen immer mehr Komplettlösungen, um mittelfristig Klimaneutralität umzusetzen. Hierbei geht es um die Verknüpfung der PV-Stromerzeugung mit Batteriesystemen zur Lastdeckung sowie zur Elektrifizierung von Mobilität und Wärme. Es sollte ein zentrales Ziel der PV-Förderung in Baden-Württemberg sein, funktionierende

Fachkräftebedarf am Beispiel einer vollintegrierten 10-GW-PV-Produktionskette

(nur direkte Arbeitsplätze in den Produktionsstätten für PV-Module ohne Zulieferindustrie)

Für den Aufbau der gesamten Produktionskette zur Fertigung von siliziumbasierten PV-Modulen mit einer Jahresproduktion von zehn Gigawatt wird eine Gesamtzahl von knapp 6000 Mitarbeitenden benötigt. Dabei handelt es sich um Führungskräfte, Ingenieure, Techniker und Anlagenbediener die für die verschiedenen Herstellungsprozesse beginnend beim metallurgischen Silicium (MG-Si), über die Polysilicium-, die Ingot- und Wafer-Herstellung, Zellprozessierung und die finale Modulassembly eingesetzt werden. (Hinweis: Die Zahlen können durch den Automatisierungsgrad in der Fabrik beeinflusst werden.)

Mitarbeiterqualifikation	MG-Si	Poly-Si	Ingot / Wafer	Zellen	Module	Σ
Management und Administration (inkl. Assistenz)	8	62	101	50	40	261
Ingenieurwesen	15	24	138	29	250	456
Technische Fachkräfte	43	262	489	566	847	2207
Anlagenbedienung	70	358	745	652	1145	2970
Σ	136	706	1473	1297	2282	5894

Quelle: Berechnung des Fraunhofer ISE und RCT Solutions.

Systemlösungen insbesondere für Industrie- und Gewerbebetriebe zu entwickeln. Die baden-württembergische Industrie kann mit den entwickelten Lösungen zu einem wachsenden Markt beitragen, der Haushalte, mittelständische Unternehmen und die Industrie mit günstiger, sicherer und klimaneutraler Energie versorgt.

3.2.4. Ausbildung und Umschulung von Fachkräften massiv fördern

Auf Grund der enormen, globalen Wachstumsraten stellt der Mangel an Fachkräften für die PV-Branche ein großes Hemmnis dar. Für die PV-Produktion werden u. a. Anlagenbediener, Techniker, Ingenieure und Wissenschaftler in großer Zahl benötigt (vgl. Infobox zum Fachkräftebedarf einer 10-GW-PV-Produktionsstätte).

Sofern es gelingt, über alle benötigten Qualifikationsebenen die Ausbildung von Fachkräften nicht nur mit hoher Qualität, sondern auch mit hoher Quantität zu erreichen, entsteht für Baden-Württemberg ein entscheidender Standortvorteil. Baden-Württemberg ist mit seinem hochqualitativen Ausbildungssystem und der Hochschullandschaft (betriebliche Ausbildung, Technikerschulen, (duale) Hochschulen, Universitäten mit Spitzenrenommee und beruflichen Weiterbildungsprogrammen) im internationalen Vergleich gut aufgestellt.

3.2.5. „Clean-Tech“-Studiengänge und -Arbeitsplätze aktiv fördern und bewerben

Jedoch sind die Studierendenzahlen insbesondere in den Fächern Maschinenbau und Elektro- und Informationstechnik trotz hervorragender Berufsaussichten rückläufig (vgl. [16]). Beispielsweise beziffert der VDE in seiner jüngsten Arbeitsmarktstudie den Bedarf an Elektrotechnik-Ingenieur*innen auf 19.400 Personen pro Jahr. Demgegenüber stehen Absolvierendenzahlen von 8.600 (2022) – eine klaffende Lücke zwischen Bedarf und Angebot an Elektroingenieur*innen [17]. Offensichtlich gelingt es bisher nicht, die Generation „Friday for Future“ in die Hörsäle der technischen Studiengänge zu locken. Technische Berufsbilder, die für die Umsetzung der Energiewende benötigt werden, sind für Schüler*innen offensichtlich schwer nachvollziehbar oder wenig sichtbar. Es wird daher empfohlen, eine Image- und Aufklärungskampagne zur Steigerung der Attraktivität von technischen Berufen mit PV-Bezug für die Zielgruppen Schüler*innen, Eltern und Lehrer*innen zu organisieren. Auf eine geeignete Ansprache von Mädchen und Frauen ist dabei zu achten, um das historisch schlecht erschlossene Potenzial von Frauen in MINT-Berufen besser zu heben.

Weiteres Potenzial besteht durch Umschulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen. Dabei sind insbesondere die „Verlierer“ der Energiewende in den Blick zu nehmen. Es ist zu empfehlen, geeignete Qualifikationsprogramme gezielt an Berufsgruppen zu richten, die sich bisher im weiteren Sinne mit der Verbrennung fossiler Energieträger befassen. Der Aufbau von regionalen Schulungszentren für die Aus- und Weiterbildung im Bereich PV-Produktion und -Installation stellt eine zielführende Maßnahme dar.

Im internationalen Wettbewerb wird „PV made in Baden-Württemberg“ nicht über den Preis, sondern nur über ihre Innovationskraft und überdurchschnittliche Qualität dauerhaft konkurrenzfähig sein. Entsprechend muss der Ausbau der PV-Produktion durch ein hohes Maß an Forschungsanstrengungen entlang der Komponentenpalette (Materialien, Zellen/Module, Elektronik, Montageelemente, Systemintegration) flankiert werden. Nachhaltigkeitskriterien müssen dabei einen hohen Stellenwert einnehmen. Landesinvestitionen in die Forschung dienen dabei nicht nur dem Erhalt und Ausbau des Technologievorsprungs, sondern verfolgen zudem das Ziel der Ausbildung hochqualifizierter Spezialisten.

4. Geschäftspotenziale für Quer-Einsteiger in die PV-Industrie

Der Maschinen- und Anlagenbau bildet das Rückgrat der Industrie in Baden-Württemberg, insbesondere der Automobilhersteller und ihrer Zulieferer. Angesichts des gravierenden technologischen Umbruchs hin zur Elektromobilität steht die Automobilbranche vor neuen Herausforderungen. In diesem Kontext gewinnen Kompetenzen im Bereich Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik zunehmend an Bedeutung für die Konkurrenzfähigkeit der angestammten Industriebranchen. Dank dieser vorhandenen sowie der notwendigerweise aufzubauenden Kompetenzen ergibt sich eine ideale Ausgangsbasis für Unternehmen in Baden-Württemberg, um ihre Geschäftsfelder in den Bereich des exponentiell wachsenden PV-Markt zu erweitern.

Vor diesem Hintergrund eröffnet der Quereinstieg von etablierten Unternehmen in die PV-Industrie besondere Chancen für den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg. Dieser Eintritt bietet die Möglichkeit, neben dem starken Fokus auf die Automobilbranche neue Standbeine in der Erneuerbaren-Energiewirtschaft zu erschließen.

Nach den positiven technologischen Grundvoraussetzungen für den Eintritt in die PV-Branche gibt es jedoch Risiken, insbesondere hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Vergleich. Früher spielte der deutsche und europäische Anlagenbau im Bereich der PV-Produktion eine führende Rolle, doch diese Vorreiterposition ist nun bedroht, da asiatische Anbieter zunehmend auf den Markt drängen. Insbesondere aus China kommen mittlerweile ernstzunehmende Anbieter von kostengünstigem Produktions-Equipment für PV-Produktionsstätten, die ihren Kunden überdies Finanzierungsmöglichkeiten anbieten. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, sind staatliche Garantien für den Bau großer Produktionsstätten erforderlich, ebenso wie Marktanreize, um den einheimischen Absatzmarkt zu sichern. Die lokale Ausbildung qualifizierter Fachkräfte gilt es parallel zu entwickeln.

Im Folgenden werden potenziell vorteilhafte Quereinstiegsoptionen skizziert, die die spannenden Möglichkeiten für Unternehmen in Baden-Württemberg verdeutlichen.

4.1. Chancen und Kriterien für einen Branchenquereinstieg

Der Einstieg in die PV-Branche bietet auch branchenfremden Firmen die Chance, einen neuen oder zusätzlichen Industriezweig zu etablieren. Es entwickeln sich zahlreiche Möglichkeiten, zu expandieren oder sinkende Umsätze aus anderen Branchen zu kompensieren. Kriterien für einen potenziellen Einstieg in die PV-Branche sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Kriterien für den Quereinstieg in die PV-Branche

Kriterium	Beschreibung
Personal	Personal mit Erfahrung im Anlagenbau, welches für den Einsatz in der Photovoltaikbranche umgeschult werden kann.
Produktionskapazitäten und -anlagen	Anlagen, die mit vertretbarem Aufwand auf die Produktion von Komponenten und Zubehör für die PV-Branche umgerüstet werden, können. Freie Kapazitäten für die Umrüstung und Neuorientierung von Anlagen.
Geschäftsbeziehungen	Vorhandene Beziehungen zu Firmen aus der PV-Branche zur Etablierung von neuen Geschäftsmodellen

4.2. Liste mit den größten Unternehmen in Baden-Württemberg

Die IHK gibt eine Liste, über alle Branchen, mit den größten Unternehmen in Baden-Württemberg heraus [18]. Aus dieser Liste wurden, gefiltert nach der PV-Branche ähnlichen Industrien, die größten relevantesten Unternehmen ermittelt. Tabelle 3 zeigt die Unternehmen sortiert nach Anzahl der weltweit beschäftigten Mitarbeiter. Es zeigt sich, dass die größten Unternehmen aus der Automobilbranche und dem Maschinen- und Anlagenbau kommen. Diese PV-fremden Industriezweige wurden als theoretische Quereinsteiger in die PV-Branche identifiziert. Nachfolgend wird für die beispielhaft genannten Branchen exemplarisch der Quereinstieg diskutiert.

Auch wenn in der aktuellen Studie der Fokus auf großen Unternehmen liegt, bilden in Baden-Württemberg vor allem mittelständische Unternehmen mit bis zu 250 Beschäftigten mit 99 Prozent aller Betriebe das Rückgrat der Wirtschaft. Für diese teilweise hochspezialisierten Unternehmen ist es ungleich schwieriger, ihre Geschäftsmodelle zu diversifizieren: Es mangelt an finanziellen Mitteln, Geschäftsbeziehungen, technischer Expertise, Marktkenntnis der fremden Branche etc.

Tabelle 3: Unternehmen sortiert nach Anzahl der Mitarbeiter weltweit. Auszug aus IHK-Liste mit den größten Unternehmen in Baden-Württemberg. Angegeben ist der jeweils größte Standort, teilweise haben die Firmen mehrere Niederlassungen in Baden-Württemberg.

Firma	Branche	Mitarbeiter BW	Größter Standort
Schaeffler Automotive Buhl GmbH & Co. KG	Automobil- und Industriezulieferer	k.A.	Bühl
Daimler AG	Automobilhersteller	107100	Stuttgart
Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft	Automobilhersteller	17700	Stuttgart

Würth-Gruppe	Montagetechnik	16827	Künzelsau
Heidelberger Druckmaschinen Aktiengesellschaft	Druckmaschinenbau	11522	Heidelberg
ZF Friedrichshafen AG	Automobilzulieferer	11399	Friedrichshafen
MAHLE GmbH	Automobilzulieferer	10386	Stuttgart
TRUMPF GmbH + Co. KG	Maschinenbau	6675	Ditzingen
Rolls-Royce Power Systems	Antriebssysteme und Energieanlagen	5700	Friedrichshafen
John Deere GmbH & Co. KG	Landmaschinenbau	4900	Mannheim
SICK AG	Sensorik	4773	Waldkirch
TRW Automotive GmbH	Automobilzulieferer	1600	Renningen

Automobilindustrie

Die Automobilindustrie umfasst ein breites Spektrum an Tätigkeiten und Professionen, u.a. aus Elektro- und Messtechnik, Metall- und Kunststoffverarbeitung sowie Forschung und Entwicklung von Batterien und elektrischen Antrieben. Die vorhandenen Kompetenzen und Produktionsanlagen in diesem Bereich können beispielsweise für die Herstellung von Getrieben und Dämpfern für Solartracker, Unterkonstruktionen und Rahmen für Solarmodule, Gehäusen und Halterungen für Wechselrichter sowie Elektronik für Wechselrichter und Control-Systeme für Hybridkraftwerke, Monitoring und Energiemanagement genutzt werden. Zudem können die Entwicklungen im Bereich der Batterietechnologie für elektrische Fahrzeuge auch für andere stationäre Anwendungen von Interesse sein.

4.3. Erfolgreiche Beispiele für den Quereinstieg in die PV-Branche:

KACO new energy GmbH

KACO konzentrierte sich nach seiner Gründung im Jahr 1914 in Heilbronn auf die Herstellung von Motorendichtungen, Wellendichtungsringen, ist in den 1950er Jahren weltgrößter Hersteller elektromechanischer Zerhacker und fertigt den ersten Thyristor-Wechselrichter. 1998 weitet KACO seine Entwicklungen in der Photovoltaik aus und es entsteht die KACO Gerätetechnik GmbH. Im darauffolgenden Jahr bringt das Unternehmen den weltweit ersten transformatorlosen Photovoltaik-Wechselrichter auf den Markt.

KOSTAL solar Electric GmbH

Das in Freiburg ansässige Unternehmen KOSTAL Solar Electric wurde 2006 von dem Automobilzulieferer KOSTAL im Zuge einer Diversifizierungsbestrebung gegründet. Basierend auf den Kompetenzen des Unternehmens im Bereich Kfz-Elektronik und mit technologischer Unterstützung des Fraunhofer ISE gelang mit dem ersten 3-phasigen Wechselrichter für den privaten Bereich der erfolgreiche Einstieg in die Solarbranche. KOSTAL Solar Electric gehört heute zu den führenden Anbietern von innovativen Produkten für die Photovoltaikanlage im privaten und gewerblichen Bereich.

TESLA, Inc.

Die Firma TESLA hat mit ihrer Innovationskraft und einem klarem zukunftsgerichtetem Produktfokus Maßstäbe bei der Elektromobilität gesetzt und maßgeblich zu deren Durchbruch verholfen. Neben dem Geschäft mit Elektroautos ist die Firma TESLA nun dabei, die technologisch naheliegenden Produktbereich Solaranlagen und Batteriespeicher zu erschließen [19].

4.4. Naheliegende Beispiele für den Quereinstieg in die PV-Branche

Automobilhersteller wie Daimler oder Porsche können ihre Expertise im Bereich Serienfertigung und Produktionslogistik nutzen, um sich am Markt der PV-Modulproduktion, inklusive Zellen, zu beteiligen. Ihre Erfahrung im Metall- und Karosseriebau ermöglicht zudem einen leichten Einstieg in die Entwicklung innovativer Rahmen und Unterkonstruktionen für PV-Module. Darüber hinaus bietet die Sektorenkopplung zwischen Energieerzeugung und Mobilität die Möglichkeit, die Kompetenzen im Bereich Elektrifizierung, Digitalisierung und Nutzerinteraktion von vernetzten Geräten auf die PV-Stromerzeugung auszuweiten; wie am Beispiel von Tesla zu sehen ist. Dabei ist auch das globale Vertriebsnetz der Automobilhersteller von großer Bedeutung, um Exportmärkte zu erschließen.

Auch Automobilzulieferer wie Bosch, ZF, Schaeffler oder Mahle sind auf einem klaren Weg zur Elektrifizierung und bauen ihre Kompetenzen in den Bereichen Leistungselektronik, Digitalisierung, Control und Antriebe kontinuierlich aus. Um die Lieferketten für kritische Bauelemente, insbesondere Leistungshalbleiter, abzusichern, werden derzeit

Milliardeninvestitionen getätigt, um entsprechende Fertigungsstätten aufzubauen oder zu übernehmen [20, 21].

Antriebsstromrichter und leistungselektronische Wandler in Elektrofahrzeugen weisen in Bezug auf eingesetzte Halbleiter, Spannungs- und Leistungsklassen kaum Unterschiede zu Wechselrichtern für PV-Anlagen auf. Für einen Hersteller von Fahrzeugelektronik ist der technologische Schritt in das Geschäft mit PV-Wechselrichtern als gering einzustufen. Ein Alleinstellungsmerkmal kann entstehen, wenn die ausgeprägte Expertise der Automobilindustrie in Bezug auf Zuverlässigkeit und Lebensdauer auf die PV-Branche übertragen wird.

Verpackungsindustrie

In der Verpackungsindustrie wird bereits heute mit unterschiedlichsten Materialien wie Kunststoff, Karton und Papier, Folien und sonstigem Plastik gearbeitet. Die Verpackung und der Transport von Modulen und Wechselrichtern ist bereits ein relevanter Industriezweig, dessen Bedeutung in den nächsten Jahren weiter zunehmen wird. Neben der Verpackung von Produkten ergeben sich für die Verpackungstechnikindustrie weitere Potenziale hinsichtlich Folien und alternativen Materialien zur Einkapselung von Solarzellen in herkömmlichen PV-Modulen sowie speziellen Leichtbau-PV-Modulen.

Landmaschinenbau

Auch in der Agrar-Industrie wird ein Wandel von brennstoffbetriebenen Maschinen und Geräten auf elektrisch angetriebene erfolgen. Hier eröffnet sich die Chance, für diesen Zielmarkt elektrische Landmaschinen, Ladesäulen und Agri-PV-Anlagen zu produzieren. Auch die Entwicklung von autonomen Reinigungssystemen und Diagnosefahrzeugen für Freifeldanlagen kann eine Möglichkeit für den Landmaschinenbau sein.

4.5. Branchen mit Bezug zur Photovoltaik

Kleinere Firmen und mittelständische Unternehmen (KMU) können ebenfalls von der aufstrebenden PV-Industrie profitieren. In Tabelle 4 sind weitere Branchen und potenzielle Erweiterungen des Portfolios aufgelistet.

Tabelle 4: Weitere Branchen mit Photovoltaik Bezug

Branche	Beschreibung
Lärmschutz, Fassaden, Mauer	Integration von PV in Lärmschutzwände, Fassaden, Trennwände, usw.
Dächer, Dachbegrünung	Erweiterung des Portfolios um PV-Anlagen
Carports, Garagen	Erweiterung des Portfolios um PV-Anlagen
Elektroinstallation	Gesamtpaket mit Smart-Metering, Wallbox, Sicherungskasten, PV-Anlage, usw.

5. Zusammenfassung und Empfehlungen

Nach Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg zählen mit Stuttgart, Karlsruhe und Tübingen drei Regierungsbezirke im Land zu den Regionen Europas mit der höchsten Wirtschaftskraft. Baden-Württemberg zählt daher zu den führenden Industriestandorten in Deutschland und weist auch in der PV-Branche eine bereits sehr gute Infrastruktur und Zulieferkette auf [22, 23]. Die Dichte an Unternehmen, insbesondere in der Produktionstechnologie für Zellen und Module ist weltweit herausragend, so dass der Aufbau von Produktionsstätten für Solarzellen sowie für PV-Module fast vollständig mit in Baden-Württemberg ansässigen Herstellern und Forschungseinrichtungen möglich wäre. Durch zahlreiche renommierte Universitäten und Forschungseinrichtungen verfügt Baden-Württemberg über ein großes Know-how in der Photovoltaiktechnologie. Die stark entwickelte Verkehrsinfrastruktur bindet den Standort über Schienen- und Straßennetze sehr gut an die europäischen Nachbarländer an. Um mit der wachsenden Konkurrenz und der steigenden Nachfrage nach PV-Komponenten mithalten zu können, sollte das Land Baden-Württemberg Maßnahmen ergreifen, den Standort wettbewerbsfähig in den Kernbranchen Maschinen- und Anlagenbau, Metall- und Elektroindustrie zu halten.

Im Fokus sollte die Unterstützung des Ausbaus der Produktionskapazitäten stehen. Durch die differenziert ausgebaute Zulieferindustrie, insbesondere im Bereich der Automobilbranche, verfügt Baden-Württemberg über eine gute Ausgangsposition. Das Land Baden-Württemberg sollte diese Chance nutzen, die eigene PV-Wertschöpfungskette zu stärken und auszubauen.

Um in der Zukunft den steigenden Bedarf an Fachkräften decken zu können, müssen Maßnahmen ergriffen werden, die Attraktivität von MINT-Studienfächern zu steigern. Auch die entsprechenden Ausbildungsberufe in der Produktion sollten durch gezielte Kampagnen wieder attraktiver gestaltet werden. Es bietet sich hierbei an, Energiewende-Themen zum Zugpferd zu machen, um junge Menschen zu begeistern und gleichzeitig für den Einstieg in die PV-Branche zu motivieren. Durch die Umschulung und Weiterbildung entsprechend des Technologiewandels mittels regionaler Ausbildungszentren können wegfallende Arbeitsplätze in anderen Branchen aufgefangen werden.

Der Automobilbranche bieten sich mehrere hervorragende Anknüpfungspunkte für den Einstieg in die PV-Branche. Das vorhandene Wissen sowie die Produktionskapazitäten und Zulieferer in den Bereichen der Leistungselektronik, Unterkonstruktionen, Metall und Kunststoffverarbeitung lassen sich vergleichsweise leicht auch für die PV-Branche einsetzen. Durch die steigende Durchdringung von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen und der entsprechenden Nachfrage nach Ladeinfrastruktur entstehen zudem neue Geschäftsfelder in den Bereichen der Systemintegration, dem solaren Laden und der Sektorenkopplung. Doch nicht nur die Automobilbranche hat ein Potenzial für den Quereinstieg. Auch für weitere Firmen aus der Chemie-, Elektrotechnik- und Maschinenbauparte bietet die PV-Branche eine Chance, einen neuen Geschäftszweig zu etablieren.

6. Literatur

- [1] IEA - International Energy Agency, "Renewables 2022: Analysis and forecast to 2027," 2022. Zugriff am: 21. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv>
- [2] Bundesministerium für Justiz, *Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien: Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023*, 2023. Zugriff am: 21. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html
- [3] Die Bundesregierung informiert. „Photovoltaik-Strategie: Mehr Tempo beim Ausbau der Solarenergie.“ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/photovoltaik-strategie-2188542> (Zugriff am: 2. August 2023).
- [4] Baden-Württemberg.de. „Photovoltaik.“ <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/erneuerbare-energien/sonnenenergie/photovoltaik/> (Zugriff am: 24. Juli 2023).
- [5] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Hg., "Abschlussbericht: Erkenntnisse aus dem Stakeholderdialog industrielle Produktionskapazitäten für die Energiewende (StiPE): Entwurf einer industriepolitischen Strategie für erneuerbare Energien und Stromnetze," 2022. Zugriff am: 27. Juni 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/abschlussbericht-erkenntnisse-aus-dem-stakeholderdialog-industrielle-produktionskapazitaeten-fuer-die-energiewende-stipe/>
- [6] Fraunhofer CSP, Hochschule Anhalt, Metropolregion Mitteldeutschland, "Bestandsanalyse: Neugründung eines Solarclusters in Ostdeutschland: Die aktuellen Rahmenbedingungen und Potenziale der Solarbranche in Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen," 2023. Zugriff am: 27. Juni 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mitteldeutschland.com/de/ostdeutsche-solarbranche-diskutiert-ueber-clustergruendung/>
- [7] VDMA Fachverband Electronics, Micro and New Energy Production Technologies (EMINT), Hg., "Excellence in Production: Advanced Technologies - Navigating the Future," 2022. Zugriff am: 27. Juni 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vdma.org/viewer/-/v2article/render/1368147>
- [8] Land Baden-Württemberg, *Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg: KlimaG BW*, 2023. Zugriff am: 6. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-bw/klimaschutz-und-klimawandelanpassungsgesetz-baden-wuerttemberg>
- [9] Solar Cluster Baden-Württemberg. „Ziele des Solar Clusters.“ <https://solarcluster-bw.de/de/ueber-uns/ziele> (Zugriff am: 27. November 2023).
- [10] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Hg., "Photovoltaik-Strategie: Handlungsfelder und Maßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der Photovoltaik," 2023. Zugriff am: 11. August 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.html>
- [11] Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg. „Energieatlas Baden-Württemberg.“ <https://www.energieatlas-bw.de/> (Zugriff am: 11. August 2023).
- [12] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. „News 2022: Am Oberrhein größtes Potenzial für schwimmende PV auf Kiesseen in Baden-Württemberg.“ <https://>

www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2022/am-oberrhein-groesstes-potenzial-fuer-schwimmende-pv-auf-kiesseen-in-baden-wuerttemberg.html (Zugriff am: 2. August 2023).

- [13] Rödl&Partner. „VPPA – Virtual Power Purchase Agreements – Was steckt dahinter?“ <https://www.roedl.de/themen/erneuerbare-energien/2020-02/vppa-virtual-power-purchase-agreements-erneuerbare-energien> (Zugriff am: 4. August 2023).
- [14] Global Electronics Council (GEC). „About EPEAT: Overview of the EPEAT Ecolabel.“ <https://epeat.net/about-epeat> (Zugriff am: 4. August 2023).
- [15] Ultra Low-Carbon Solar Alliance. „Not All Solar Panels Are Created Equal.“ <https://ultralowcarbonsolar.org/> (Zugriff am: 4. August 2023).
- [16] Statistisches Bundesamt, *6,5% weniger Studienanfängerinnen und -anfänger in MINT-Fächern im Studienjahr 2021, 2023*. Zugriff am: 3. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/01/PD23_N004_213.html
- [17] Michael Schanz, "Arbeitsmarkt 2022 – Elektroingenieurinnen und Elektroingenieure: Zahlen | Fakten | Schlussfolgerungen,", VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V., Frankfurt, Feb. 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://shop.vde.com/de/arbeitsmarkt-studie-2022>
- [18] Die Industrie- und Handelskammern in Baden-Württemberg, Hg., "Die größten Unternehmen in Baden-Württemberg,", Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart, 2019. Zugriff am: 27. Juni 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ihk.de/stuttgart/standort-region-stuttgart/fakten/bedeutende-unternehmen-677868>
- [19] Tesla. „Solar Roof | Tesla.“ https://www.tesla.com/de_de/solarroof (Zugriff am: 6. Juli 2023).
- [20] ZF Press Center, *Wolfspeed und ZF verkünden Partnerschaft zur Zukunft der Siliziumkarbid-Halbleiter-Technologie*, 2023. Zugriff am: 6. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://press.zf.com/press/de/releases/release_50944.html
- [21] Bosch Gruppe, *Mit Chips zu „Technik fürs Leben“: Bosch investiert weitere Milliarden in sein Halbleiter-Geschäft - Bosch Media Service*, 2023. Zugriff am: 6. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/mit-chips-zu-technik-fuers-leben-bosch-investiert-weitere-milliarden-in-sein-halbleiter-geschaeft-243715.html>
- [22] Baden-Württemberg.de. „Hier ist Wirtschaft daheim.“ <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/unser-land/wirtschaftsstandort> (Zugriff am: 21. Juli 2023).
- [23] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. „Innovationsindex 2020: Baden-Württemberg belegt in der Europäischen Union wieder den Spitzenplatz.“ <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2021093> (Zugriff am: 21. Juli 2023).

Kontakt

Andreas Schlumberger
Geschäftsführer

Solar Cluster Baden-Württemberg e.V.

Meitnerstraße 1

70563 Stuttgart

Tel.: +49 (0) 711 7870-309

Andreas.Schlumberger@solarcluster-bw.de